А. Г. ДОЛЬНИК

ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ



ИЗДАТЕЛЬСТВО „ЭНЕРГИЯ"

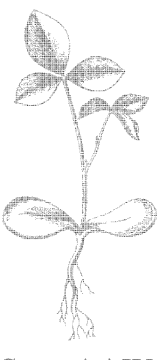
МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

СПРАВОЧНАЯ СЕРИЯ

Выпуск 555

А. Г. ДОЛЬНИК

ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ







ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1964 ЛЕНИНГРАД

УДК 621.396,693.8
Д 65

Кратко описываются принцип действия и устройство громкоговорителей, приводятся их основные технические параметры, а также особенности применения в радиоприемниках, телевизорах, в системах воспроизведения звукозаписи, радиофикации и т. п.

Брошюра рассчитана на широкие круги радиолюбителей-конструкторов.

СОДЕРЖАНИЕ

Дольник Анатолий Григорьевич, **Громкоговорители.** М—Л., «Энергия», 1964, 32 стр. с илл (Массовая радиобиблиотека. Вып 555).

Тематический план 1964 г., № 385

Редактор *А И. Кузьминов*
Техн редактор *О. П. Печёнкина*

Сдано в набор 7/VII—1964 г. Подписано к печати 16/X—1964 г Т-13368
Формат 84×108[1]/[32] Печ. л. 1,64 Уч.-изд. л.2,09 Тираж 100 000 экз.
Цена 08 коп. Зак. 1282

Владимирская типография Главполиграфпрома
Государственного комитета Совета Министров СССР
по печати.
Гор. Владимир, ул. Б. Ременники, д. 18-б

УСТРОЙСТВО ГРОМКОГОВОРИТЕЛЕЙ

Конечным элементом всякой акустической системы служит громкоговоритель. Простейшие устройства низшего класса — переносные и небольшие приемники, магнитофоны — содержат обычно один громкоговоритель, называемый часто головкой Устройства высшего класса, а следовательно и более сложные, содержат несколько громкоговорителей. При этом громкоговорители могут быть одинаковыми, но чаще применяются разные, отличающиеся друг от друга своими качественными показателями.

В современных акустических системах обычно применяют громкоговорители электродинамического типа, обладающие наилучшими качественными показателями.

В зависимости от способа излучения звуковых колебаний громкоговорители подразделяются на рупорные и прямого излучения. Последние имеют диффузоры, излучающие звук непосредственно в окружающую воздушную среду; диафрагмы рупорных громкоговорителей излучают звук через рупоры различных форм. Наибольшее распространение, особенно в массовой бытовой аппаратуре (приемники, телевизоры, магнитофоны и т. п.), получили диффузорные электродинамические громкоговорители.

В электродинамическом громкоговорителе звуковая катушка приклеена к центрирующей шайбе и к легкому, обычно бумажному литому конусу — диффузору (рис. 1). Чаще всего конус имеет угол раскрытия от 100 до 120—130°, а в малогабаритных громкоговорителях достигает 160°. Своим гофрированным краем диффузор прикреплен к диффузородержателю. Диффузор вместе с звуковой катушкой и центрирующей шайбой образует достаточно легкую и прочную подвижную систему, которая может совершать колебания, близкие к поршневым, в диапазоне от низших до высших частот и вызывать колебания окружающего воздуха, воспринимаемые как звук. Диффузоры могут иметь кольцевую гофрировку (рис. 1, *а*) или криволинейную образующую (рис. 1, *б*), которые способствуют улучшению частотной характеристики громкоговорителя и подавлению субгармоник, т. е. дополнительных тонов с частотами, в целое число раз меньшими основной частоты. Иногда внутри диффузора вклеивают небольшой конус из плотной бумаги или другого упругого материала для лучшего воспроизведения высших частот звукового диапазона (рис. 1, *в*).

Форма диффузора чаще всего бывает круглой, но иногда и эллиптической. Применение эллиптической формы диффузора в ос-

новном вызвано удобством конструктивной компоновки в ряде устройств.

Магнитная система громкоговорителя состоит из магнита и магнитопровода, создающих возможно большую индукцию в рабочем зазоре Магнит обычно имеет форму кольца (рис. 2, *а*) или керна (рис. 2, *б*, *в*). Кольцевые магниты отливают из никель-алюминиевых сплавов (альни, АН, АНМ) с присадками других металлов; для создания нужных индукций они имеют достаточно большой объем

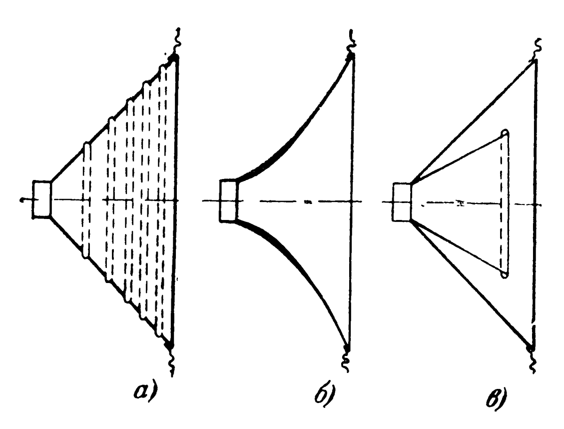


Рис. 1. Диффузоры электродинамических громкоговорителей с каркасами для звуковых катушек.

а — с прямолинейной образующей (гофрированный); *б* — с криволинейной образующей, *в* — с дополнительным конусом.

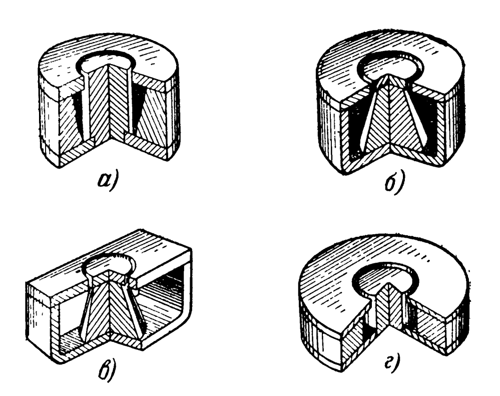


Рис 2 Различные виды магнитных систем.

а — кольцевая; *б* — керновая закрытая; *в*—керновая открытая; *г* — кольцевая с магнитом из феррит-бария (2БА или 3БА).

и вес. Керновые магниты изготавливаются из более высококачественных сплавов с примесями кобальта и других металлов (например, сплавы АНКо4, ЮНДК 24 и др.), а потому соответствующие индукции достигаются при меньшем их объеме и весе. Для магнитопровода используется мягкая сталь «армко». Форма магнитопровода бывает закрытая в виде станка (рис. 2, *б*) или открытая в виде скобы (рис. 2, *в*).

Наряду с металлическими магнитными сплавами широкое применение нашли магнитокерамики или оксидные магниты из феррит-бария марок 2БА и 3БА, которые имеют вид короткого толстостенного цилиндра и вся магнитная система их отличается малой высотой (рис. 2, *г*).

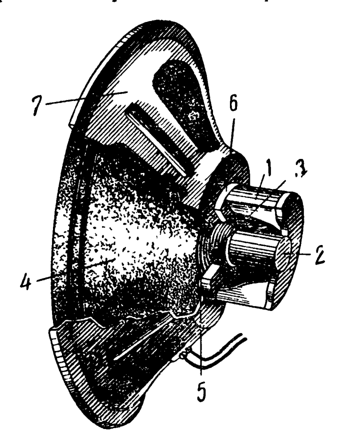
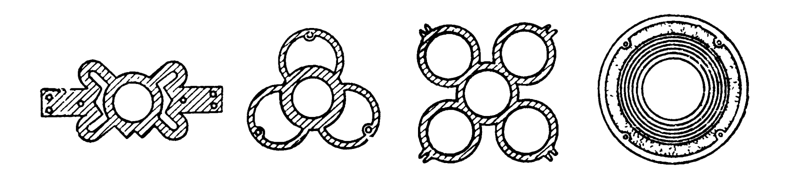


Рис 3 Конструкция электродинамического громкоговорителя.

Разрез типовой конструкции громкоговорителя показан на рис. 3. Магнит *1* из специального сплава или феррит-бария создает сильное магнитное поле в зазоре между керном *2* и передним фланцем *6*. В этом зазоре помещена звуковая катушка *3*, жестко соединенная с диффузором *4*. Эта подвижная система громкоговорителя (звуковая катушка с диффузором) занимает правильное положение в магнитном зазоре благодаря центрирующей шайбе *5*. Края диффузора и центрирующей шайбы прикреплены к диффузородержателю *7*, штампованному из листовой стали или алюминия В более мощных типах диффузородержатель отливают из силумина (сплав алюминия с кремнием). Центрирующие шайбы выполняются из бакелизированной ткани, пропитанной бумаги, тонкого текстолита и т. п. Форма наиболее распространенных центрирующих шайб показана на рис. 4.

В зависимости от назначения и мощности громкоговорители имеют различные размеры.

Конструктивные элементы громкоговорителя отражаются на его к. п. д.; например, при уменьшении размеров диффузора и магнитной цепи к. п. д., как правило, уменьшается. Происходит это потому, что одновременно уменьшаются поверхность диффузора, объем проводника звуковой катушки и индукция в зазоре. Правда, уменьшает-


Рис 4. Различные виды центрирующих шайб.

ся и масса подвижной системы, увеличивающая к. п. д. Однако первые три величины уменьшаются в значительно большей степени, вызывая тем самым понижение эффективности излучения, наблюдаемое у громкоговорителей малого размера. Коэффициент полезного действия представляет собой важный параметр, определяющий эффективность громкоговорителя как преобразователя электрических колебаний в звуковые; его величина для диффузорных электродинамических громкоговорителей мала и не превышает даже в самых лучших и мощных типах 2—3%

Низкая эффективность излучателя малых размеров (по сравнению с длиной волны) обусловливается тем, что с уменьшением размеров колеблющейся поверхности уменьшается и сопротивление излучения. Если же излучатель заставить работать через рупор, то сопротивление среды можно согласовать с сопротивлением подвижной системы и сконцентрировать звуковое давление. Поэтому рупорные громкоговорители имеют более высокий к п. д., чем диффузорные, и позволяют получать значительные звуковые давления. Кроме того, соотношение размеров рупора подбирают таким, что направленность излучения в рабочем диапазоне частот изменяется мало. Благодаря этому рупорные громкоговорители применяют для озвучивания больших помещений, а также улиц и площадей.

Форма и размеры рупора должны быть подобраны так, чтобы излучатель, воздействуя на внутренний объем воздуха в рупоре, мог совершать максимально возможную работу при данной амплитуде колебаний и почти независимо от частоты.

В начальной части рупор должен расширяться постепенно. Это необходимо для того, чтобы давление, создаваемое излучателем, не уменьшалось слишком резко и не искажало фронт волны. Выходное отверстие (устье) должно быть большим, чтобы избежать отражения от него звуковых волн обратно в рупор, вызываемое скачкообразным изменением давления на выходе рупора Таким условиям удовлетворяют экспоненциальные рупоры, сечение которых вначале изменяется мало, а с приближением к устью резко увеличивается; эти рупоры круглой или прямоугольной формы получили почти исключительное применение.

От осевой длины рупора зависит низший предел излучаемых частот. Чем больше длина рупора при одних и тех же размерах входных и выходных отверстий, тем этот предел ниже. Он характеризуется так называемой критической частотой рупора, ниже которой излучение частот происходит неэффективно Поэтому в мощных уличных рупорных громкоговорителях из конструктивных соображений диапазон воспроизводимых частот ограничен пределами от 200—300 до 3 000—4 000 *гц*.

Для придания конструкции механической прочности и удобства при установке и эксплуатации рупор часто составляют из секций, входящих одна в другую.

ОСНОВНЫЕ КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЕЙ

Громкоговорители всех видов характеризуются рядом параметров, определяющих их качество и эффективность работы. Основные из них. номинальная мощность, среднее стандартное звуковое дав-

ление (чувствительность), диапазон и неравномерность частотной характеристики, допустимые нелинейные (амплитудные) искажения, внутреннее сопротивление, собственная резонансная частота подвижной системы.

Знание этих параметров позволяет совершенно точно определить качество каждого громкоговорителя, сравнить между собой отдельные типы, определить их пригодность для тех или иных целей, а также правильно согласовать с усилительным устройством и внешним оформлением, в котором они должны работать.

Номинальная мощность. Наибольшая подводимая к громкоговорителю электрическая мощность, при которой нелинейные искажения не превышают норм, предусмотренных в стандарте или технических условиях на громкоговоритель (обычно не более 7—10% на частотах 100—200 *гц*), называется номинальной мощностью и выражается в вольт-амперах. Этот параметр обязательно должен указываться в паспорте или другом сопроводительном документе на громкоговоритель.

Среднее стандартное звуковое давление. Для единства измерений и удобства сравнения между собой различных громкоговорителей определяется стандартное звуковое давление, которое измеряют в ньютонах на квадратный метр ($н/м^2$) на рабочей оси[1] громкоговорителя, расположенного в помещении на расстоянии 1 *м* от измерительного микрофона, при подведении напряжения, соответствующего 0,1 *ва*, для частоты 1 000 *гц*, а при испытаниях на открытом воздухе — номинальной мощности (но не более 5 *ва*). Однако и в этом случае для получения стандартного звукового давления результаты измерений приводятся к напряжению, соответствующему 0,1 *ва*.

Среднее стандартное звуковое давление громкоговорителя определяется как среднее арифметическое из значений стандартного звукового давления, измеренного для ряда частот, которые располагаются внутри номинального частотного диапазона, установленного техническими условиями на испытуемый тип громкоговорителя.

Частотная характеристика. Графическое изображение зависимости стандартного звукового давления от частоты называется частотной характеристикой громкоговорителя. Чем более широкий частотный диапазон охватывается частотной характеристикой и чем она ровнее, тем лучше громкоговоритель. Типичная частотная характеристика диффузорного громкоговорителя среднего размера показана на рис. 5.

Неравномерность частотной характеристики определяется в децибелах (*дб*) разностью уровней наибольшего и наименьшего значений величин звукового давления, отложенных по вертикальной оси. Для массовых типов электродинамических громкоговорителей принят допуск 15 *дб*, который для малогабаритных конструкций может доходить до 18 *дб*.

Приведенная на рис. 5 характеристика позволяет определить рабочий диапазон громкоговорителя в пределах 100—7 000 *гц* при

---

[1] Рабочей осью громкоговорителя называется направление, в котором он преимущественно используется в нормальных условиях их эксплуатации, оговоренное ГОСТ или ТУ на тип испытуемого громкоговорителя; 1 $н/м^2 = 10$ $дин/см^2 = 10$ *бар*.

неравномерности 14 *дб* (0 *дб* соответствует звуковому давлению на частоте 1 000 *гц*).

Нелинейные искажения оцениваются величиной коэффициента гармоник (клирфактором). Чем больше значение этого коэффициента, тем больше будет искажен тембр звука, может появиться хрип, дребезжание и т п.

Нелинейные искажения связаны с амплитудой смещения подвижной системы громкоговорителя и зависят в основном от двух

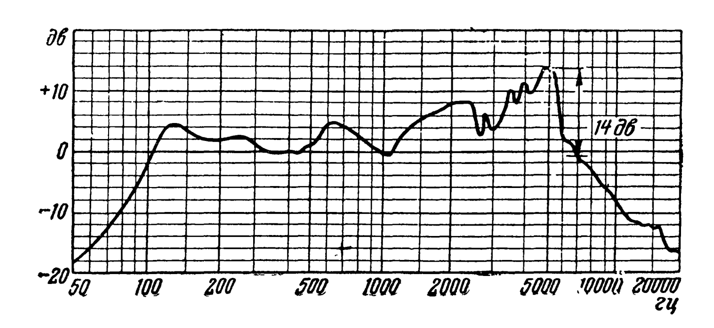


Рис. 5. Частотная характеристика (примерная) диффузорного громкоговорителя среднего размера.

конструктивных факторов: равномерности магнитной индукции вдоль зазора, где расположена звуковая катушка, и линейности подвеса диффузора с центрирующей шайбой. Равномерность распределения магнитной индукции в зазоре зависит от конструкции полюсных наконечников (керна) и фланцев магнитной системы, образующих рабочий зазор, а также от правильного и симметричного расположения в этом зазоре звуковой катушки.

Амплитуда смещения (при прочих равных условиях) тем больше, чем ниже частота, поэтому нелинейные искажения проявляются больше всего на низших частотах Нелинейные искажения находятся в полной зависимости от амплитудной характеристики, показывающей зависимость отдачи громкоговорителя (величины, зависящей от к. п д), от величины действующей электрической мощности. При линейности этой характеристики на всех частотах в пределах передаваемого динамического диапазона форма звуковых колебаний будет соответствовать форме тех электрических колебаний, которые подводятся к громкоговорителю В противном случае форма звуковых колебаний искажается и возникают нелинейные искажения.

Внутреннее сопротивление. Входным или полным внутренним электрическим сопротивлением громкоговорителя называют сопротивление синусоидальному переменному току, измеренное на зажимах громкоговорителя (звуковая катушка) или входных зажимах всякого рода дополнительных устройств (согласующий трансформатор, разделительные фильтры и т п), если они представляют собой неотъемлемую часть конструкции громкоговорителя.

Внутреннее сопротивление громкоговорителя комплексное и имеет активную и реактивную составляющие (индуктивную для электродинамических громкоговорителей) От соотношения численных значений этих составляющих зависит частотная характеристика внутреннего сопротивления громкоговорителя (в расчет обычно принимают сопротивление на частоте 1 000 *гц*).

Такая характеристика наряду с основным своим значением, определяющим нагрузку на выходной каскад усилителя, позволяет

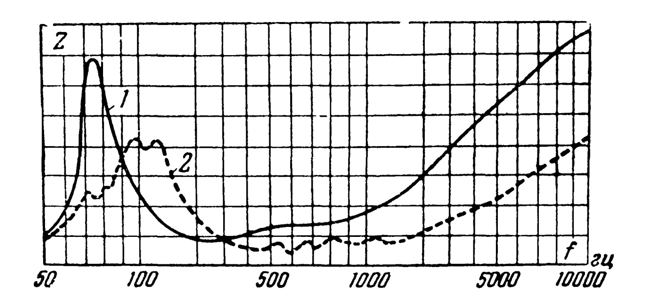


Рис. 6. Частотные характеристики внутреннего сопротивления диффузорных громкоговорителей.

1 — при хорошем диффузоре и гибкой подвеске; *2* — при плохой подвижной системе.

достаточно точно, лучше, чем по частотной характеристике, определить частоту собственного резонанса подвижной системы, а кроме того, косвенно судить о свойствах громкоговорителя.

На рис. 6 приведены частотные характеристики полного внутреннего сопротивления (модуля) двух диффузорных громкоговорителей, имеющих разные резонансные частоты и отличающихся по качеству. Один громкоговоритель имеет явно выраженный резонанс на частоте 75 *гц* (кривая *1*) и плавное изменение внутреннего сопротивления во всем диапазоне Такой вид характеристики говорит о хорошем качестве диффузора и достаточно гибкой его подвеске Второй громкоговоритель имеет размытую, двугорбую характеристику в области резонанса (кривая *2*), лежащего в пределах 95—125 *гц* Это говорит о плохом качестве подвески или плохом диффузоре. Необходимо иметь в виду, что вид характеристики и частота резонанса в значительной степени зависят от внешнего акустического оформления.

Подъем характеристики в области частот выше 1—2 *кгц* объясняется только увеличением с частотой индуктивной составляющей полного внутреннего электрического сопротивления.

Направленность излучения. Зависимость развиваемого громкоговорителем на данной частоте звукового давления, измеренного на определенном расстоянии, но под разными углами к рабочей оси (обычно в пределах 180°), выраженная графически (обычно в полярных координатах), называется характеристикой направленности громкоговорителя. Чем больше диаметр диффузора, тем при данной

частоте острее направленность излучения. Однако на низших частотах, когда длина волны достаточно большая (при частоте 100 *гц* она равна примерно 340 *см*), излучение происходит равномерно по всей поверхности (точнее, сфере), т. е. громкоговоритель при этом не имеет направленности На средних и высших частотах, когда длина звуковой волны становится соизмеримой с размерами громкоговорителя и даже становится намного меньше, характеристика направленности обостряется как в вертикальной плоскости, так и в горизонтальной При эллиптическом диффузоре характеристики в той или другой плоскости различны и зависят от ориентации осей. Если вертикально расположена большая ось, то характеристика направленности в вертикальной плоскости для одной и той же частоты будет у́же, чем в горизонтальной

Помимо соотношения размеров громкоговорителя с длиной излучаемой звуковой волны, характеристика направленности также зависит от размеров и конструкции внешнего (акустического) оформления, в котором работает громкоговоритель.

ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ ДЛЯ ПРИЕМНИКОВ, ТЕЛЕВИЗОРОВ И РАДИОЛ

В современной бытовой радиоаппаратуре как промышленного, так и любительского изготовления используется довольно обширный ассортимент диффузорных электродинамических громкоговорителей. При этом наметилась тенденция к специализации этих громкоговорителей в зависимости от их назначения, так как качество и размеры громкоговорителей для малогабаритных транзисторных приемников резко отличаются, например, от качества громкоговорителей, применяемых в акустических системах мощных консольных радиол. Кроме того, все более широкое применение акустических агрегатов с двух- и трехполюсным разделением определяет требования к громкоговорителям, воспроизводящим низкочастотные, среднечастотные и высокочастотные составляющие звукового спектра Особенно жесткие условия к конструкции громкоговорителей предъявляются со стороны проектировщиков телевизоров. Стремление уменьшить их габариты привело к разработке громкоговорителя с узким удлиненным диффузором, позволяющим поместить его на фронтальной панели телевизора, не увеличивая значительно общих габаритов последнего и не ухудшая качества звучания.

Технические данные диффузорных электродинамических громкоговорителей, предназначенных для радиовещательных приемников, радиол и телевизоров, определены ГОСТ 9010-59, а также специальными техническими условиями (ТУ), ведомственными нормалями и т. п. Однако некоторые типы громкоговорителей, особенно поступающие в отдельную продажу, порой значительно отличаются своим внутренним сопротивлением и частотой собственного резонанса подвижной системы от данных, приводимых в паспорте или обозначенных на громкоговорителе

Весьма досадную путаницу вносит и отсутствие единства в маркировке громкоговорителей, так, например, под маркой 1ГД-1 можно встретить три типа: старый одноваттный диаметром 150 *мм* и два высокочастотных («пищалки»), выпускавшихся заводом ВЭФ

под маркой 1ГД-1 ВЭФ (диаметром 90 *мм*) и заводом им. А. С. Попова под маркой 1ГД-1 РРЗ (диаметр 105 *мм*). Этот же завод выпускал громкоговорители для приемника «Фестиваль» под марками 4ГД-2 РРЗ и 4ГД-3 РРЗ, заметно отличающиеся от своих аналогов. Насколько велико различие параметров этих и других громкоговорителей, можно убедиться из приложений 2 и 3.

Указанные в таблицах номинальный диапазон частот и допустимая неравномерность частотной характеристики достигаются при условии помещения громкоговорителя в определенное оформление (ящик или футляр приемника, консоль, акустический экран и т. п.). Размеры, объем и соотношение сторон стандартных ящиков, позволяющих получить соответствующую полосу частот в зависимости от типа громкоговорителя, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Зависимость объема ящика (с открытой задней стенкой) от номинального диапазона частот громкоговорителя при неравномерности частотной характеристики не более 15 *дб*

Ящик при соотношении сторон 1:1,5:2	Громкоговорители с простыми подвижными системами	Громкоговорители со сложными подвижными системами, а также сдвоенные и строенные
Объем, *см*³	Номинальный диапазон частот, *гц*	
5 000	250—5 000	—
15 000	120—7 000	—
50 000	100—7 000	—
85 000	80—7 000	80—10 000
120 000	70—7 000	70—12 000
500 000	50—8 000	50—15 000

Допустимые значения коэффициента нелинейных искажений для всех типов громкоговорителей на частотах, находящихся в пределах номинального диапазона, в зависимости от подводимой мощности помещены в табл 2.

Все типы громкоговорителей можно подразделить по назначению на три группы: для малогабаритных переносных приемников, для радиоаппаратуры широкого применения и для установок высококачественного воспроизведения. Последние две группы не имеют между собой резкой границы, так как, например, в приемниках высшего и первого классов применяются те же типы громкоговорителей, что и в специальных двух- и трехполосных акустических системах.

Громкоговорители для малогабаритных и переносных приемников. Малогабаритные громкоговорители подразделяются на два вида. К первому относятся самые маломощные (0,25 *ва* и меньше) для карманных и других миниатюрных транзисторных приемников, таких как «Нева», «Гауя» и т. п., а ко второму — несколько типов

Таблица 2

Допустимые значения коэффициента нелинейных искажений диффузорных громкоговорителей

Условия работы громкоговорителей	Частота, *гц*						
	>100	200	400	1 000	2 000	3 000	5 000
	Нелинейные искажения, %						
При номинальной мощности	10	7	7	5	5	3	3
При 0,5 номинальной мощности и объеме ящика 0,12 $м^3$ и более	7	5	3	3	3	2	2

а)　　　б)

Рис 7. Внешний вид малогабаритных громкоговорителей.
а — 0,2ГД-1; *б* — 0,25ГД-1.

мощностью 0,5 *ва* для переносных приемников большего габарита (например, «Атмосфера» и т. п.). Конструктивное построение и принцип работы таких видов громкоговорителей типичны для диффузорных электродинамических систем, описанных выше Различаются они построением магнитной цепи, которая во всех отечественных малогабаритных громкоговорителях мощностью до 0,2 *ва* включительно имеет форму стакана Представитель этого типа — громкоговоритель 0,2ГД-1 (рис. 7, *а*). Более мощный тип 0,25ГД-1 (рис. 7, *б*) имеет магнитопровод в виде скобы. Магнитные системы всех этих типов громкоговорителей имеют керновый магнит из сплава ЮНДК-24 (АНКо-4). В некоторых других громкоговорителях применяют кольцевые магниты из феррит-бария 3БА (0,25ГД-2 и др.). Электроакустические параметры и конструктивные данные малогабаритных громкоговорителей приводятся в приложении 1.

При выборе громкоговорителя всегда следует учитывать, что у керновых магнитов поле рассеяния в магнитной цепи сведено к минимуму, а потому не влияет на ферритовую антенну приемника,

которая может находиться в непосредственной близости от такого громкоговорителя. У громкоговорителей с кольцевыми магнитными цепями такое опасение существует, и это вынуждает располагать внутреннюю антенну дальше от громкоговорителя или надевать на его магнитную систему достаточно толстый стальной экран.

Все самые маломощные громкоговорители для карманных приемников отличаются достаточно высокой частотой собственного резонанса подвижной системы, зависящего в первую очередь от разме-

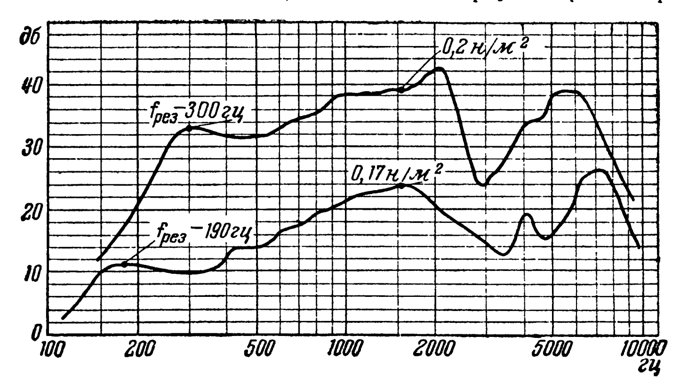
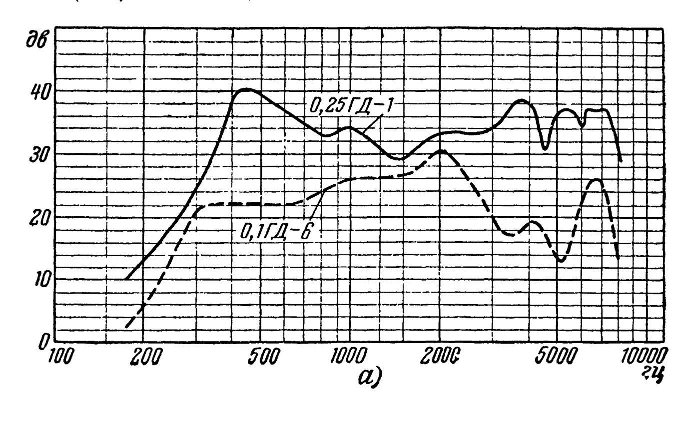


Рис. 8. Частотные характеристики малогабаритных громкоговорителей с различными частотами собственного резонанса подвижной системы.

ра диффузора. Как это видно из данных в приложении 1, номинальная резонансная частота этих громкоговорителей находится в пределах 300—500 *гц*, фактическое же ее значение в отдельных экземплярах, особенно 0,15ГД-1 и 0,2ГД-1, иногда превышает 600 *гц*. Это приводит к ухудшению воспроизведения низших частот, так как отдача громкоговорителя резко снижается в области ниже частоты резонанса. Поэтому, несмотря на то что от малогабаритного громкоговорителя нельзя требовать хорошего воспроизведения самых низших частот, все же необходимо обеспечить рабочий диапазон от 300 *гц*. Для этого при установленном допуске на неравномерность частотной характеристики 15—18 *дб* частота собственного резонанса громкоговорителя не должна быть выше 400—450 *гц*. Добиваться значительного понижения частоты резонанса не следует из-за уменьшения среднего стандартного звукового давления, т. е. уровня громкости. По этой причине для малых громкоговорителей низший предел резонансной частоты не должен быть ниже 250 *гц*. В подтверждение изложенных соображений на рис. 8 приведены частотные характеристики двух одинаковых громкоговорителей диаметром 60 *мм*, имеющих разные частоты собственного резонанса подвижной системы Как видно, громкоговоритель с резонансной частотой порядка 190 *гц* (нижняя кривая) развивает в области низших частот меньшее звуковое давление, а потому имеет и меньшее среднее стандартное звуковое давление по сравнению с громкоговорителем, имеющим резонанс на частоте 300 *гц* (верхняя кривая). Указанное на этих характеристиках стандартное звуковое давление измерено

на частоте 1 500 *гц* и отмечено точкой с указанием значения в ньютонах на квадратный метр (*н/м*²). Это позволяет с учетом масштаба (50 *дб*) рассчитать среднее звуковое давление в рабочем диапазоне частот (1 *н/м*² = 10 *дин/см*² = 10 *бар*).



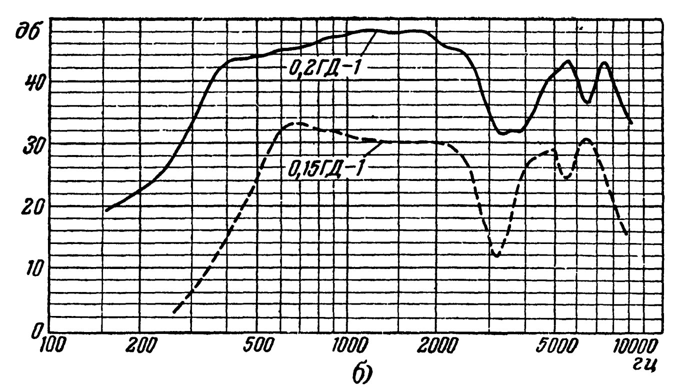


Рис. 9. Частотные характеристики наиболее распространенных типов малогабаритных громкоговорителей

В области верхних частот (выше 2 000—2 500 *гц*) наблюдается колебание отдачи, которая, однако, чаще всего укладывается в установленный допуск 18 *дб* вплоть до 8—10 *кгц*, и только выше этих частот отдача резко начинает снижаться. Поэтому нормируемый верхний предел рабочего диапазона (3 000 *гц*) в действительности бывает значительно выше. На рис 9 приведены частотные характеристики малогабаритных громкоговорителей, электроакустические данные которых приведены в приложении 1. Следует отметить, что это характеристики случайных экземпляров громкоговори-

телей, которые во время измерений устанавливались в плоском щите (акустическом экране) размерами 22×16 *см*, эквивалентном небольшому футляру от карманного приемника На характеристиках явно видны частоты собственных резонансов, определяемых по первому подъему (пику) в области низших частот Так, на рис. 9, *а* видно, что громкоговоритель 0,2ГД-1 имеет частоту резонанса порядка 450 *гц*, а 0,1ГД-6 — 350 *гц*; соответственно на рис. 9, *б* громкоговоритель 0,2ГД-1 — 400 *гц* и 0,15ГД-1 — 650 *гц*

В области верхних частот вид частотной характеристики зависит от свойств диффузора и центрирующей шайбы. Для громкоговорителей 0,15ГД-1 и 0,2ГД-1, имеющих совершенно одинаковую конструкцию и почти все размеры, характерен значительный провал в области частот 2,5—3 *кгц*, достигающий в некоторых экземплярах 20—22 *дб* относительно точки наибольшей отдачи

Звуковые катушки описанных громкоговорителей имеют сопротивление от 6 до 10 *ом*, исключение составляют некоторые образцы громкоговорителей 0,25ГД-2, имеющие катушки сопротивлением 25—28 *ом* Звуковые катушки сопротивлением 6—10 *ом* могут подключаться к обычным выходным каскадам транзисторных приемников только через выходной согласующий трансформатор Последний должен быть небольшого размера, что приводит к дополнительному снижению отдачи особенно на низших частотах. Громкоговорители, имеющие более высокое сопротивление звуковой катушки (25—28 *ом*), можно подключать к выходным каскадам без согласующего трансформатора

Громкоговорители широкого применения. Для бытовой радиоаппаратуры заводского и любительского изготовления в настоящее время имеется достаточное количество разнообразных типов диффузорных громкоговорителей Данные, приведенные в приложениях 2 и 3, свидетельствуют о возможности удовлетворения потребности и технических запросов при конструировании и комплектации аппаратуры любого качества.

Весь ассортимент громкоговорителей в первую очередь различается по номинальной мощности от 1 до 10 *ва*, а также по габариту и весу. Кроме того, в зависимости от формы диффузора громкоговорители подразделяются на круглые и эллиптические. Последние более удобно размещать внутри ящика или футляра приемника, а особенно телевизора. Для некоторых телевизоров был разработан специальный громкоговоритель 2ГД-8 (рис 10, *а*), имеющий очень узкий и длинный диффузор. Громкоговорители с магнитной системой на основе кольцевого керамического магнита из феррит-бария 3БА имеют довольно большой диаметр при сравнительно малой высоте. Внешний вид такого громкоговорителя показан на рис. 10, *б*. Разработана конструкция громкоговорителя, у которого типовая магнитная система с керамическим магнитом помещена внутри диффузородержателя, что уменьшило внешнее поле рассеяния в 5—6 раз При этом общие габариты громкоговорителя остались приемлемыми благодаря малой высоте магнитной системы На рис. 10, *в* показан внешний вид одного из таких громкоговорителей с экранированной магнитной системой, предназначенных для телевизоров, а также приемников и радиол, имеющих внутреннюю вращающуюся магнитную антенну.

Другое основное отличие — это номинальный (рабочий) диапазон частот, нижняя граница которого определяется резонансной

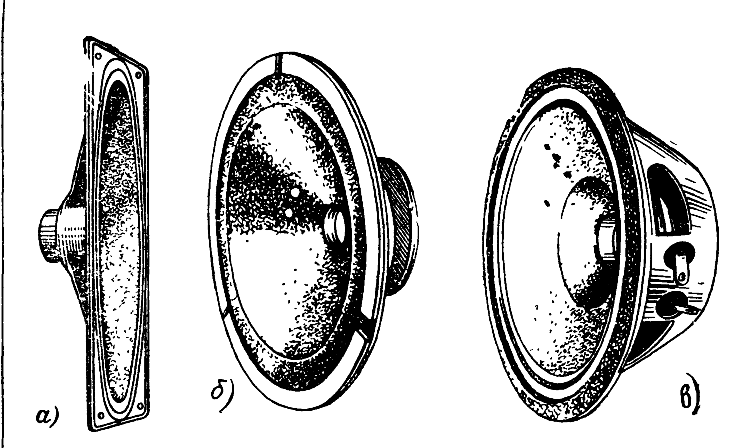


Рис. 10. Внешний вид диффузорных громкоговорителей.

а — 2ГД-8 с узким диффузором для телевизоров; *б* — с кольцевым магнитом из феррит-бария, *в* — с экранизированной магнитной системой.

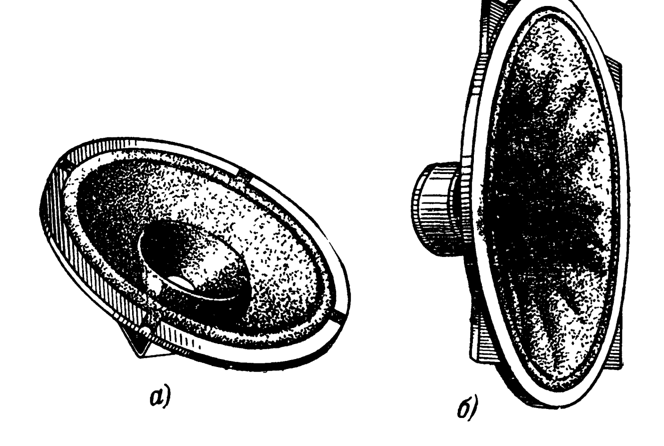


Рис 11. Внешний вид диффузорных громкоговорителей

а — 4ГД-1 с дополнительным конусом, *б* — 10ГД-18 с эллиптическим диффузором (криволинейная образующая диффузора).

частотой подвижной системы. Для улучшения воспроизведения верхних частот в некоторых громкоговорителях имеется дополнительный небольшой диффузор (конусок), жестко прикрепленный вершиной к основному диффузору. На верхних частотах основной, менее жесткий диффузор как бы отключается и излучает только конусок; такой громкоговоритель (4ГД-1) показан на рис. 11,*а*. Однако улучшение воспроизведения высших частот можно получить и с помощью диффузора такого же диаметра, но с криволинейной образующей (рис 11,*б*). Раньше такие диффузоры применялись только в достаточно мощных громкоговорителях для уменьшения нелинейных искажений В более поздних разработках их применяют чаще. Например, выпускаемые теперь громкоговорители 2ГД-7 и 4ГД-7 с такими диффузорами предназначены для замены 2ГД-3 и 4ГД-1, имеющих дополнительный конусок.

Современные приемники имеют обычно два фронтальных громкоговорителя, резонансная частота которых отличается на 20—30 *гц*. Этим объясняется то, что некоторые однотипные громкоговорители отличаются по частоте основного резонанса. Однако действительная величина резонансной частоты, как правило, заводом не проставляется, а лишь указывается ее номинальное значение, которое часто отличается от фактического на величину, превышающую установленный допуск. Поэтому перед установкой громкоговорителей следует определить резонансную частоту каждого из них[1].

Громкоговорители для акустических агрегатов. Высокое качество воспроизведения звука в современных акустических агрегатах достигается разделением широкого частотного диапазона на две или три полосы, каждую из которых воспроизводят разные громкоговорители или их группы. Осуществляемое с помощью специальных и несложных фильтров разделение всего частотного диапазона на нижние, средние и верхние частоты звукового спектра позволяет более эффективно использовать различные типы громкоговорителей для работы в соответствующих полосах. В нашей аппаратуре для воспроизведения нижних частот применяют громкоговорители мощностью 6—10 *ва* с резонансной частотой порядка 40—50 *гц*. Один такой громкоговоритель (10ГД-18) показан на рис. 11,*б*. Следует отметить, что экземпляры громкоговорителей с резонансной частотой, близкой к 40 *гц*, редко встречаются в продаже, так как отбираются для комплектации промышленной аппаратуры. Эти громкоговорители хорошо воспроизводят и диапазон средних частот до 6—7 *кгц*, поэтому бывает достаточно к двум таким громкоговорителям добавить два-три высокочастотных мощностью 1—3 *ва*, чтобы получить высокое качество звучания К высокочастотным громкоговорителям относятся 3ГД-15 (ГДВ-2), 1ГД-1 РРЗ, которые в отличие от всех других имеют пластмассовый диффузодержатель, а также 1ГД-1 и 1ГД-2 завода ВЭФ.

В отдельных акустических агрегатах, предназначенных для наиболее высококачественного воспроизведения, применяют дополнительные громкоговорители для получения возможно меньшей неравномерности частотной характеристики в области средних частот, где ухо наиболее чувствительно ко всякого рода искажениям. Этому

---

[1] См. статью А. Дольника «Акустические измерения в практике радиолюбителя», журнал «Радио», 1958, № 11.

назначению лучше всего удовлетворяют громкоговорители 4ГД-7 мощностью 4 *ва*.

Приведенные здесь электроакустические и конструктивные сведения позволяют в каждом отдельном случае выбрать необходимый тип громкоговорителя. Однако правильное применение и эффективное использование диффузорных громкоговорителей во многом зависят от их внешнего оформления[1], в котором они должны работать. Необходимо также правильно составить, рассчитать и наладить электрическую схему, позволяющую оптимально согласовать все группы громкоговорителей между собой и с выходом усилителя.

АБОНЕНТСКИЕ ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ

Электродинамические диффузорные громкоговорители мощностью от 0,5 до 4 *ва* широко применяются для комплектования абонентских громкоговорителей для трансляционных сетей.

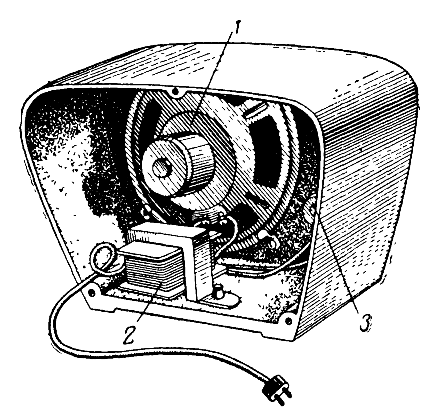


Рис 12 Внутренний вид абонентского громкоговорителя

1 — громкоговоритель; *2* — согласующий трансформатор; *3* — регулятор громкости.

Абонентские громкоговорители по своим электрическим и акустическим параметрам делятся на четыре класса (высший, первый, второй и третий) Их основные параметры должны удовлетворять требованиям ГОСТ 5961-59.

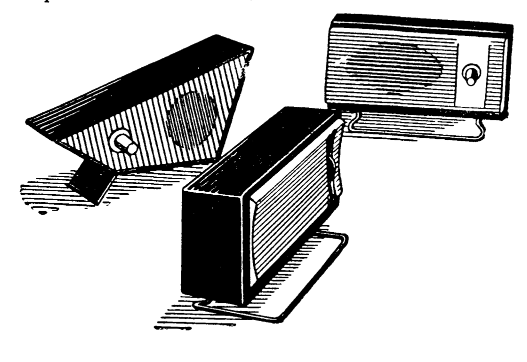
В комплект абонентского громкоговорителя, помимо собственно громкоговорителя (головки), входят: согласующий трансформатор, позволяющий подключать низкоомную звуковую катушку к трансляционной сети напряжением 15 или 30 *в*, регулятор громкости соединительный шнур со штепсельной вилкой и футляр (ящик). Внутрен-

---

[1] См. брошюру М. М. Эфрусси «Акустическое оформление громкоговорителей», Госэнергоиздат, 1962.

ний вид абонентского громкоговорителя третьего класса (трансляционная точка) показан на рис. 12.

Громкоговорители всех классов должны иметь плавный или ступенчатый регулятор громкости, позволяющий полностью выключать передачу. Ступенчатый регулятор в громкоговорителях высшего и первого классов должен иметь градации уровня 4 ± 1 *дб*, а второго и третьего классов 6 ± 2 *дб*.



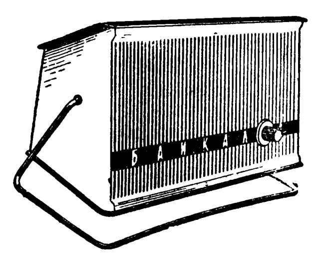


Рис. 13. Внешний вид новых образцов абонентских громкоговорителей

Громкоговорители высшего класса должны иметь регулятор тембра и могут иметь тонкомпенсатор Для остальных классов эти устройства желательны, но не обязательны Регулятор тембра (с одной или несколькими ручками) предназначен для получения спада частотной характеристики в области нижних и верхних частот не менее чем на 12 *дб*.

К тонкомпенсатору предъявляют условия получения спада частотной характеристики в области средних и верхних частот на 0—3 *дб* при снижении общего уровня относительно максимального на 10 *дб*; на 3—6 *дб* — при снижении на 20 *дб*, на 6—9 *дб* — при снижении на 30 *дб*; на 9—12 *дб* — при снижении на 40 *дб* и на 12—15 *дб* — при снижении на 50 *дб*

В настоящее время разработан комплект абонентских громкоговорителей всех классов в разнообразном внешнем оформлении. Высший класс громкоговорителей выполнен в консольном и настоль-

ном оформлениях большого объема (порядка 0,15—0,2 $м^3$). Громкоговорители остальных классов оформлены только в виде настольных конструкций (имеется возможность подвешивать их на стену). Громкоговорители третьего класса имеют обычное и малогабаритное оформление; последние обладают более узким диапазоном частот и большей неравномерностью.

Для абонентских громкоговорителей в зависимости от их класса рекомендуются следующие габариты (ориентировочные данные): первый класс 435×280×220 *мм*; второй класс 290×270×150 *мм*; третий класс 250×180×110 *мм*; третий класс малогабаритный 160×110×60 *мм*. Эти размеры могут несколько изменяться, однако так, чтобы объем ящика не уменьшался. Внешний вид некоторых вновь разработанных образцов абонентских громкоговорителей показан на рис 13.

В абонентских громкоговорителях старых выпусков часто применялся диффузорный громкоговоритель 1ГД-5 или соответствующий ему по параметрам и размерам. В новейших конструкциях рекомендуются унифицированные 4-ваттные громкоговорители для первого класса и специально разработанные 3 и 2-ваттные — для второго и третьего классов Кроме того, для всех классов предусматриваются варианты громкоговорителей с керамическими магнитами из феррит-бария 2БА или 3БА Однако чаще всего применяются соответствующие по мощности головки, специально выпускаемые только для комплектации определенного типа абонентского громкоговорителя. Громкоговорители имеют запас по номинальной мощности для получения минимального коэффициента гармоник, учитывающего искажения, вносимые согласующим трансформатором.

Новый ассортимент абонентских громкоговорителей, обладающих более высокими параметрами, значительно повышает качество звучания систем проводного вещания.

ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ ДЛЯ СИСТЕМ УСИЛЕНИЯ ЗВУКА

Системы усиления звука, предназначенные для обслуживания массовых митингов, концертов и лекций, характеризуются тем, что микрофоны находятся в звуковом поле, создаваемом громкоговорителями. Это обстоятельство повышает требование к последним потому, что слушатели одновременно воспринимают и звучание первичного источника. Сравнение же естественного звучания, даже ослабленного, с плохим звуковоспроизведением особенно подчеркивает недостатки последнего. Кроме того, в системах усиления звука необходимо исключить возможность самовозбуждения из-за акустической обратной связи. Это обстоятельство налагает особые условия на характеристики направленности громкоговорителей, которые необходимо подбирать в зависимости от различных условий их работы и акустических особенностей помещений или открытых мест. В конструкциях громкоговорителей должны быть учтены эти особенности.

Достоинство основных типов описываемых громкоговорителей заключается в использовании обычных диффузорных головок различных мощностей. Только в наиболее мощных и рупорных громкоговорителях применяются специальные головки мощностью 10, 25 и 50 *ва*. Все остальные типы громкоговорителей комплектуются уни-

фицированными головками, что значительно удешевляет стоимость новых громкоговорителей и дает возможность ремонтировать и даже изготовлять их в ремонтных мастерских, радиоузлах и радиоклубах.

Современные громкоговорители, применяемые в системах звукоусиления, можно подразделить на звуковые колонки, радиальные и рупорные **громкоговорители.**

Звуковые колонки. Групповые излучатели, состоящие из нескольких типовых диффузорных громкоговорителей, располагаемых вертикально в один, два или три ряда, получили название звуковых колонок. Высокое качество современных диффузорных громкоговорителей в сочетании с надлежащим оформлением позволило создать групповой излучатель, обладающий высокими акустическими качествами и соответствующими характеристиками направленности как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях.

В настоящее время разработаны и производятся звуковые колонки мощностью от 8 до 100 *ва* в деревянном и металлическом оформлении стационарные и переносные. Они предназначаются для работы в закрытых помещениях и на открытых пространствах.

В условном обозначении типа колонки (например, 25КЗ-2, первое число обозначает, как обычно, номинальную мощность, а последняя цифра указывает вид оформления (металлическое — 1, деревянное — 2). В зависимости от мощности колонки комплектуются типовыми 2, 4 или 10-ваттными громкоговорителями и согласующим трансформатором, позволяющим питать колонку от трансляционных сетей напряжением 30, 120 или 240 *в*. Согласующий трансформатор, вторичная обмотка которого имеет отводы, позволяет при необходимости снижать потребляемую мощность в 2 или 4 раза (ступень 3 *дб*) путем переключения числа витков в обмотке трансформатора. Соответствующий подбор головок по мощности позволяет получать допустимый коэффициент нелинейных искажений, который для всех типов звуковых колонок при номинальной мощности не превышает на частотах: до 200 *гц* — 7%; от 200 до 400 *гц* — 5% и выше 400 *гц* — 3% Основные параметры звуковых колонок, их комплектация и некоторые конструктивные данные приведены в приложении 4.

Звуковые колонки минимальной мощности 8 *ва* (8КЗ-1) имеют четыре 2-ваттных громкоговорителя, установленных в один ряд на фронтальной доске совершенно закрытого ящика. В звуковых колонках мощностью 10, 25 *ва* и более громкоговорители расположены в два ряда на угловом щите под углом 120° с расхождением рабочих осей под углом 60°. Внешний вид колонок 10КЗ-1, 10КЗ-2 показан на рис. 14, *а*, *б*, а их внутренний вид с громкоговорителями 2ГД-3 — на рис 14,*в* [1] Щит с громкоговорителями установлен в закрытый со всех сторон кожух. Расположение рабочих осей под углом 60° позволяет несколько расширить характеристику направленности в горизонтальной плоскости (рис. 15, сплошная линия), особенно в области средних и высших частот. Характеристика направленности в вертикальной плоскости не должна быть очень широкой, чтобы не рассеивать бесполезно звуковую энергию и избежать

---

[1] В настоящее время применяются головки 2ГД-7, которые предполагается в дальнейшем заменить на 2ГД-28.

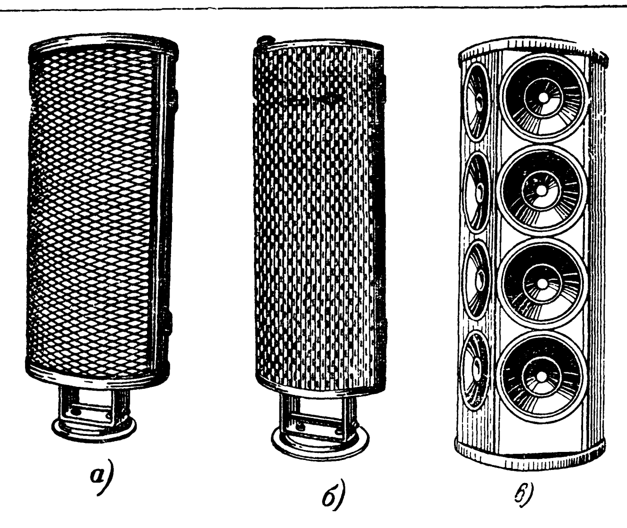


Рис 14 Десятиваттные звуковые колонки

а — 10КЗ-1, *б* — 10КЗ-2; *в* — расположение головок в этих колонках

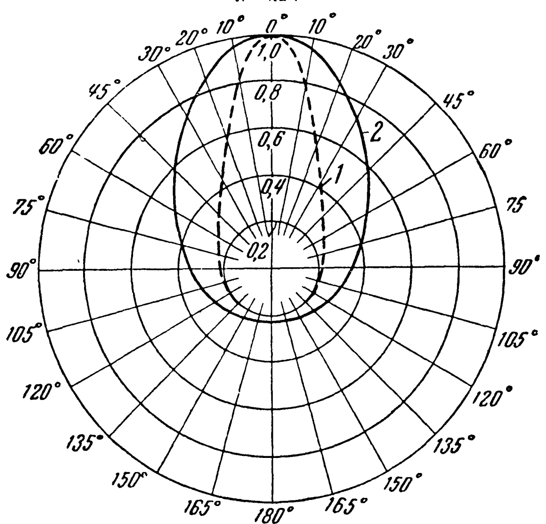
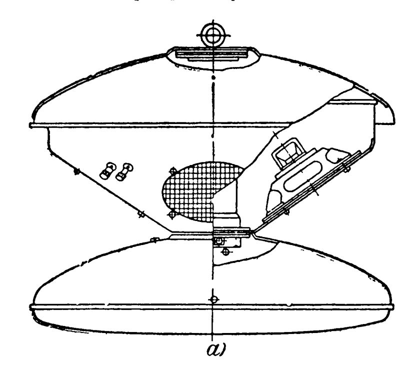


Рис. 15. Типовые характеристики направленности звуковых колонок

1 — в вертикальной плоскости; *2* — в горизонтальной плоскости.

ненужных дополнительных отражений (например, от потолка). Для наиболее эффективного озвучивания пространства необходимо уменьшить чувствительность по вертикали примерно на 6 *дб* в пределах углов не менее 10 и не более 45°.

При озвучивании открытых пространств конструкция звуковых колонок предусматривает возможность крепить их на опору (кронштейн или мачту) с наклоном ±30°, а в закрытых помещениях подвешивать на стену или к потолку.



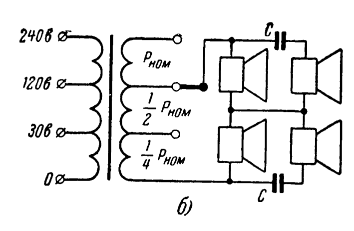


Рис 16 Радиальные громкоговорители 10ГДН-1 и 25ГДН-1.
а — внешний вид и конструкция; *б* — схема соединения головок.

Особенность описываемых звуковых колонок состоит в достаточно эффективном излучении низших частот из-за большого числа громкоговорителей и пониженном излучении с обратной стороны. Последнее обусловлено применением закрытого ящика. Перепад уровней громкости по «фронту» и «тылу» у всех перечисленных колонок не менее 8—10 *дб*. Описываемая система при местном звукоусилении хорошо предохраняет от акустической обратной связи в случае установки микрофонов позади колонок.

Основные параметры звуковых колонок приведены в приложении 4

Радиальные громкоговорители. Для озвучивания открытых пространств применяется специальная конструкция ненаправленных громкоговорителей Это радиальные громкоговорители, у которых головки расположены по окружности К ним относятся два типа мощностью 10 *ва* (10ГДН-1) и 25 *ва* (25ГДН-1), имеющие диффузорные унифицированные головки.

Конструкции обоих громкоговорителей одинаковы, и различаются они только габаритами, весом и типами головок.

Они могут быть установлены на мачте или на кронштейне, а также подвешены к балке или потолку.

Громкоговоритель 10ГДН-1, конструкция которого показана на рис. 16, содержит четыре 4-ваттные головки, а 25ГДН-1 — такое же количество 10-ваттных Они установлены в общем кожухе и расположены симметрично по окружности с наклоном под углом 35°. Для достижения наиболее равномерного распределения звуковой энергии по озвучиваемой площади под кожухом излучателя имеется специальный рассеиватель — дефлектор. С этой же

целью две диаметрально противоположные головки подключены к двум другим через низкочастотный фильтр (конденсаторы *С* на схеме рис. 16).

Необходимость в ослаблении излучения низших частот у двух головок определяется их характеристиками направленности, которые на низших частотах настолько широки, что области излучения двух соседних головок сливаются, тогда как на более высоких частотах эти характеристики обостряются и, дополняя друг друга, дают от четырех головок примерно такое же равномерное излучение в нужной плоскости, какое на низших частотах достигается двумя диаметрально противоположными головками.

Как и звуковые колонки, радиальные громкоговорители имеют согласующий трансформатор для подключения к трансляционной сети со стандартным напряжением (30, 120 или 240 *в*) и дающий возможность снижать потребляемую мощность в 2 или 4 раза. Основные параметры и некоторые конструктивные данные радиальных громкоговорителей приведены в приложении 4.

Рупорные громкоговорители. По конструктивному построению они подразделяются на узкогорлые и широкогорлые.

Первые работают от специального громкоговорителя, обычно со сферической диафрагмой, образующей дно предрупорной камеры. Выходным отверстием этой камеры служит горло рупора, площадь которого делается в 15—20 раз меньше площади диафрагмы. Это позволяет осуществлять акустическую трансформацию звукового давления, развиваемого диафрагмой, при этом давление в горле рупора будет тем больше, чем больше отношение площадей диафрагмы и горла рупора, поэтому оно выполняется по возможности малым (узким).

Вторые работают с диффузорным типовым громкоговорителем, к которому присоединен рупор с широким входным отверстием, лишь немногим меньше диаметра диффузора. Этим достигается только концентрация звуковой энергии в ограниченном пространстве, зависящем от размеров и конструкции рупора.

Рупорный громкоговоритель 10ГРД-5 предназначен для целей оповещения и озвучивания открытых мест; он имеет узкогорлый трехсекционный рупор, заключенный вместе с громкоговорителем в водонепроницаемый кожух с шарнирным кронштейном для крепления Излучающая головка, содержащая магнитную систему из сплава АНКо-4, вместе с диафрагмой ввинчена в рупор. На нижнем фланце головки укреплены согласующий трансформатор, намотанный на тороидальном сердечнике, и грозоразрядник. Внешний вид громкоговорителя 10ГРД-5 и его устройство показаны соответственно на рис. 17, *а*, *б*, основные параметры и конструктивные данные приведены в приложении 4.

Для озвучивания площадей и улиц во время демонстраций и т. п., когда, кроме речи, передается музыка, предназначена группа мощных громкоговорителей. Качество звучания их должно быть не ниже второго класса, что достигается при помощи высококачественных диффузорных громкоговорителей, снабженных направляющим широкогорлым рупором

Группа мощных громкоговорителей в основном состоит из двух диффузорных громкоговорителей номинальной мощностью 25 *ва* (25ГД-1) и 50 *ва* (50ГД-1) и двух широкогорлых рупоров круглой и прямоугольной формы. Из этих узлов составляют одноголовочный

излучатель или группу из двух таких излучателей, позволяющих иметь пять разновидностей уличных громкоговорителей на номинальную мощность 25, 50 и 100 *ва*. Оба громкоговорителя имеют одинаковые внешние габариты (диаметр 300 и высоту 260 *мм*) и диффузоры диаметром 250 *мм* Магнитные системы обоих громкоговорителей отличаются только диаметром керна, равным 40 *мм* (для 25ГД-1) и 60 *мм* (для 50ГД-1)

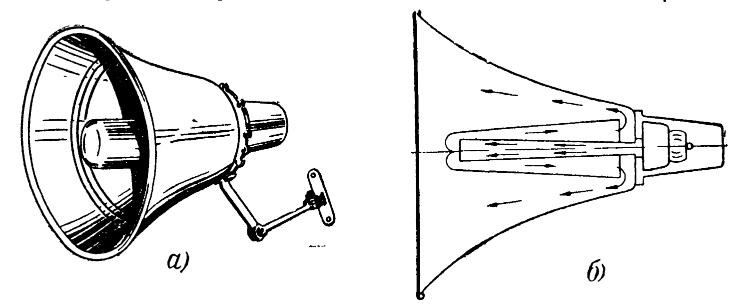


Рис. 17. Рупорный громкоговоритель типа 10ГРД-5 с нормальным рупором

а — внешний вид, *б* — конструкция.

Для получения влагоустойчивости, что необходимо при работе на открытом воздухе, подвижная система громкоговорителей пропитана водоотталкивающим кремнийорганическим составом. Громкоговорители вместе с согласующим трансформатором заключены в круглый кожух, к которому прикреплен круглый или прямоугольный рупор. Первый имеет диаметр устья 400 *мм* и полную длину вместе с головкой 720 *мм*, устье второго имеет размеры 700×180 *мм* и полную длину 730 *мм*. Громкоговорители могут работать от трансляционной сети напряжением 30, 120 или 240 *в* при мощностях, соответствующих 1, 0,5 или 0.25 номинальной (ступени 3 *дб*). Нелинейные искажения при номинальной мощности не превышают

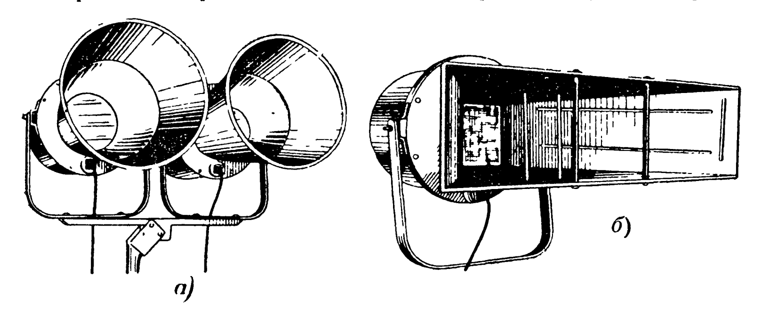


Рис. 18 Внешний вид мощных громкоговорителей с направляющим рупором.

а — 100ГРД-1; *б* — 25ГРД-1.

7% во всей рабочей полосе частот для всех типов рупорных громкоговорителей

Вариант конструкции громкоговорителя на 100 *ва* (100ГРД-1) с круглыми рупорами и головками 50ГД-1 изображен на рис. 18, *а*; он состоит из двух громкоговорителей по 50 *ва* (50ГРД-8), установленных в общем креплении, предусматривающем возможность поворота их на угол 90°. Этим достигается возможность получения различных характеристик направленности во взаимно перпендику-

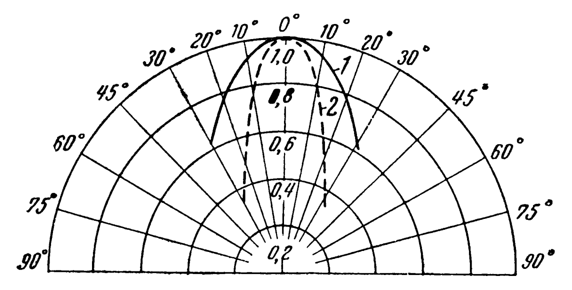


Рис. 19 Типовая характеристика направленности рупорных громкоговорителей, расположенных, как показано на рис. 18.

1 — в вертикальной плоскости; *2* — в горизонтальной плоскости.

лярных плоскостях. Замена в этих громкоговорителях головок 50ГД-1 головками 25ГД-1 приводит к варианту конструкции мощностью 50 *ва* (50ГРД-9), которая внешне не отличается от предыдущей. Одиночный громкоговоритель этой группы имеет номинальную мощность 25 *ва* и маркировку 25ГРД-2. Для получения в одиночном громкоговорителе возможности изменять характеристику направленности он снабжен рупором прямоугольного сечения Такой громкоговоритель мощностью 25 *ва* (25ГРД-1) изображен на рис. 18, *б*.

Типовые характеристики направленности громкоговорителей 100ГРД-1, 50ГРД-9 и 25ГРД-1 приведены на рис. 19; они измерялись на шумах с частотным спектром в диапазоне 200—2 000 *гц* При повороте громкоговорителей на 90° характеристики направленности в горизонтальной и вертикальной плоскостях взаимно меняются местами. Основные данные и параметры рупорных громкоговорителей приведены в приложении 4.

1. ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЕЙ ДЛЯ КАРМАННЫХ И ПЕРЕНОСНЫХ ПРИЕМНИКОВ

Тип громкоговорителя	Номинальная мощность, *ва*	Номинальный диапазон частот, *гц*	Резонансная частота, *гц*	Неравномерность, *дб*	Среднее стандартное звуковое давление, *н/м²*	Полное сопротивление звуковой катушки, *ом*	Тип магнита	Габариты, *мм*	Вес, *г*
0,025ГД-1	0,025	600—4 000	—	18	0,15	6±0,6	К	∅40×16,5	17
0,1ГД-5	0,1	400—3 000	500	16	0,13	6,5±0,7	К	∅50×20,5	35
0,1ГД-6	0,1	450—3 000	400±40	18	0,23	10±1,5	К	∅60×27	60
0,1ГД-8	0,1	450—3 000	400±40	18	0,18	10±1,5	К	∅60×21,5	40
0,15ГД-1	0,15	400—8 000	—	—	0,15	6±0,6	К	∅60×22	50
0,2ГД-1	0,2	300—10 000	—	—	0,18	6±0,6	К	∅60×25	50
0,25ГД-1	0,25	300—3 000	300±30	18	0,20	8±0,8	К	∅72×34	70
0,25ГД-2	0,25	300—3 000	300±30	18	0,20	25±6,5	Ф	∅70×29	120
0,25ГД-9	0,25	300—3 500	300±30	15	0,28	10±1,5	К	∅70×36	120
0,5ГД-10	0,5	150—7 000	150±30	14	0,23	5±1,5	К	∅106×50	150
0,5ГД-11	0,5	150—7 000	150±30	14	0,23	5±0,5	Ф	∅105×36	150
0,5ГД-12	0,5	150—7 000	150±30	15	0,25	4,5±0,7	Ф	∅105×36	250
0,5ГД-14	0,5	250—3 500	200±30	15	0,23	28±3,0	К	∅102×50	128

Условные обозначения: К — керновой магнит из высококачественного сплава ЮНДК-24 или АНКо-4; Ф — кольцевой магнит из феррит-бария 3БА или 2БА.

Примечание. Громкоговорители 0,5ГД-12 выпускаются взамен 0,5ГД-10 и 0,5ГД-14, которые предназначались также для малогабаритных телевизоров.

2. ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЕЙ ДЛЯ НЕКОТОРЫХ ПРИЕМНИКОВ И РАДИОЛ

Марка громкоговорителя	Номинальная мощность, *ва*	Номинальный диапазон частот с неравномерностью не более 15 *дб*, *гц*	Резонансная частота подвижной системы, *гц*	Среднее стандартное звуковое давление, *н/м²*	Активное сопротивление звуковой катушки, *ом*	Габариты, *мм*	Тип магнита	Вес, *г*	Где применяется
1ГД-1	1	150—5 000	140±10	0,25	3,0±10%	Ø150×75	А	700	АРЗ, «Москвич»
1ГД-1РРЗ	1	4 000—13 000	1 200±500	0,4	8,0±10%	Ø105×63	К	260	«Фестиваль», «Сакта» и др.
1ГД-1ВЭФ	1	2 000—15 000	190±60	—	2,5±10%	Ø90×57	К	200	«Латвия»
1ГД-2ВЭФ	1	2 000—15 000	190±60	—	6,3±10%	Ø90×57	К	200	»
2ГД-8ВЭФ	2	80—7 000	90±10	0,23	3,4±10%	Ø152×75	К	500	»
3ГД-5ВЭФ	3	100—7 000	120±10	0,25	3,4±10%	Ø202×90	А	1 300	«Аккорд»
3ГД-6ВЭФ	3	80—7 000	80±10	0,25	3,4±10%	Ø202×90	А	1 300	»
4ГД-2РРЗ	4	100—12 000	100±20	0,3	10±10%	Ø200×93	К	900	«Фестиваль»
4ГД-3РРЗ	4	130—12 000	130±20	0,3	10±10%	Ø200×93	К	900	»
5ГД-1РРЗ	5	80—10 000	65±10	0,4	4,0±10%	260×180×108	К	750	«Сакта»
6ГД-1РРЗ	6	60—6 500	48±8	0,4	7,0±10%	327×225×130	К	1 300	«Фестиваль»
6ГД-1	6	60—16 000	65±10	0,35	1,2±10%	Ø222×96	К	500	«Эстония»

Условные обозначения: А — кольцевой магнит из сплава АН-3 (альни-3); К — керновой магнит из сплава АНКо-4.

3. ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРИЕМНИКОВ, ТЕЛЕВИЗОРОВ, РАДИОЛ И ДРУГОЙ ЗВУКОВОСПРОИЗВОДЯЩЕЙ АППАРАТУРЫ

Тип громкоговорителя	Номинальная мощность, *ва*	Номинальный диапазон частот, *гц*	Неравномерность частотной характеристики, *дб*	Резонансная частота подвижной системы, *гц*	Среднее стандартное звуковое давление, *н/м²*	Полное сопротивление звуковой катушки, *ом*	Габариты, *мм*	Тип магнита	Вес, *г*	Заменяет громкоговоритель
1ГД-5	1	150—6 000	15	120±20	0,20	6,5±0,7	∅126×50	А	370	—
1ГД-6	1	100—6 000	15	100±10 140±10	0,30	6,5±0,7	∅126×63	А	600	—
1ГД-9	1	100—7 000 200—10 000	14	95±15 150±30	0,25	6,5±0,7	156×98×56	К	250	—
1ГД-10	1	120—7 000	15	120±20	0,25	6,5±1,0	156×98×48	Ф	370	1ГД-9
1ГД-11	1	100—7 000	15	100±10 140±10	0,28	6,5±1,0	∅126×45	Ф	300	1ГД-5 и 1ГД-6
1ГД-12	1	200—10 000	14	175±15	0,25	5,0±0,5	156×98×41	Ф	200	—
1ГД-14	1	150—10 000	14	150±30	0,25	5,0±0,5	∅125×45	Ф	180	—
1ГД-18	1	100—10 000	15	100±15	0,23	6,5±0,7	156×98×48	К	160	1ГД-9
1ГД-19	1	100—10 000	15	100±15	0,20	6,5±1,0	156×98×44	Фэ	200	1ГД-9
1ГД-20	1	150—7 000	15	150±30	0,30	6,5±1,0	156×98×60	К	240	—
1ГД-28	1	100—10 000	15	95±15	0,20	6,5±0,7	156×98×41	Ф	200	1ГД-9 и 1ГД-10
2ГД-3	2	70—10 000	14	80±15 100±10	0,25	4,5±0,5	∅152×69	К	400	—
2ГД-4	2	70—10 000	14	80±15 100±10	0,23	5,0±0,5	∅152×54	Фэ	300	—
2ГД-7	2	70—10 000	15	80±15 100±10	0,23	4,5±0,5	∅152×62	К	230	2ГД-3

Продолжение

Тип громкоговорителя	Номинальная мощность, *ва*	Номинальный диапазон частот, *гц*	Неравномерность частотной характеристики, *дб*	Резонансная частота подвижной системы, *гц*	Среднее стандартное звуковое давление, *н/м²*	Полное сопротивление звуковой катушки, *ом*	Габариты, *мм*	Тип магнита	Вес, *г*	Заменяет громкоговоритель
2ГД-8	2	80—8 000	15	100±10	0,23	4,5±0,5	264×94×58	К	280	—
2ГД-19	2	70—10 000	15	80±10 100±10	0,20	4,5±0,5	∅152×54	Фэ	220	2ГД-3 и 2ГД-4
2ГД-28	2	70—10 000	15	80±10 100±10	0,20	4,5±0,5	∅152×55	Ф	250	2ГД-3
3ГД-2	3	80—6 000	15	80±10	0,30	4,0±0,6	∅202×100	А	1 200	—
3ГД-7	3	80—7 000	14	90±10	0,25	4,5±0,5	204×134×77	К	650	—
3ГД-9	3	80—7 000	14	80±10	0,25	5,0±0,5	204×134×65	Ф	900	—
3ГД-16	3	80—8 000	18	80±10	0,25	4,5±0,7	204×134×67	К	330	3ГД-7
3ГД-28	3	80—8 000	18	80±10	0,25	4,5±0,7	204×134×55	Ф	410	3ГД-7 и 3ГД-9
4ГД-1	4	60—12 000	14	60±10 80±10	0,25	4,5±0,5	∅202×100	К	600	—
4ГД-2	4	60—12 000	14	60±10	0,25	5,0±0,5	∅202×80	Фэ	900	—
4ГД-3	4	70—7 000	14	70±20	0,25	4,5±0,5	∅197×96	А	1 200	—
4ГД-7	4	60—12 000	15	60±10 80±10	0,25	4,5±0,5	∅202×80	К	430	4ГД-1
4ГД-28	4	60—12 000	15	60±10 80±10	0,23	4,5±0,5	∅202×71	Ф	535	4ГД-1
5ГД-10	5	50—12 000	15	50±10	0,30	4,5±0,5	∅252×126	А	1 700	—
5ГД-14	5	70—12 000	14	70±10 90±10	0,25	4,5±0,5	254×170×100	К	700	—

Тип громкоговорителя	Номинальная мощность, *ва*	Номинальный диапазон частот, *гц*	Неравномерность частотной характеристики, *дб*	Резонансная частота подвижной системы, *гц*	Среднее стандартное звуковое давление, *н/м²*	Полное сопротивление звуковой катушки, *ом*	Габариты, *мм*	Тип магнита	Вес, *г*	Заменяет громкоговоритель
5ГД-18	5	70—12 000	15	70±10 90±10	0,25	4,5±0,5	254×170×80	К	450	5ГД-14
5ГД-19	5	100—10 000	18	90±15	0,25	4,5±0,7	254×170×91	К	525	—
5ГД-28	5	100—10 000	18	90±15	0,25	4,5±0,7	254×170×68	Ф	540	—
10ГД-17	10	40—8 000	14	50±10	0,30	4,5±0,5	∅295×140	А	1 500	—
10ГД-18	10	50—8 000	12	50±10	0,30	8,0±0,8	324×212×128	А	2 000	—
ВГД-1	3	800—15 000	15	270±30	0,25	5,0±0,5	∅105×64	К	230	—
3ГД-15 (ГДВ-2)	3	1 000—18 000	15	270±30	0,25	4,5±0,7	∅105×64	К	230	ВГД-1
4А26	6	50—8 000	14	60±10	—	15±2,0	∅258×135	А	2 600	—

Условные обозначения: А — кольцевой магнит из сплава АН-3 (альни-3), АНМ или т. п.; К — керновой магнит из сплава ЮНДК-24 или АНКо-4; Ф — кольцевой магнит из феррит-бария 3БА или 2БА; Фэ — тот же тип магнита, но с экранированной магнитной системой.

Примечания: 1. Громкоговорители 3ГД-16, 3ГД-28, 5ГД-19 и 5ГД-28 предназначаются для автомобильных приемников.

2. Громкоговорители, габариты которых указаны тремя числами без знака ∅, имеют диффузоры эллиптической формы, а все остальные — круглой. Первые числа относятся к размеру диффузора, последнее — к высоте громкоговорителя.

3. Для громкоговорителей, имеющих два значения резонансной частоты подвижной системы, нижняя граница номинального диапазона, указанная в таблице, будет повышаться в соответствии с повышением резонансной частоты.

4. ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ ЗВУКОВЫХ КОЛОНОК, РАДИАЛЬНЫХ И РУПОРНЫХ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЕЙ

Тип громкоговорителя	Головки		Номинальная мощность (общая), *ва*	Номинальный диапазон частот, *гц*	Неравномерность частотной характеристики, *дб*	Среднее звуковое давление на расстоянии 1 *м* при номинальной мощности, *н/м²*	Перепад „фронт—тыл“, *дб*	Полное сопротивление, *ом*, на частоте 1 000 *гц* при напряжении			Габариты громкоговорителя, *мм*			Вес (без крепления), *кг*
	Номинальная мощность, *ва*	Количество, шт.						30 *в*	120 *в*	240 *в*	ширина	глубина или высота	длина	
8КЗ-1	2	4	8	180—6 000	15	2,7	8	112	1 800	—	185	110	830	6,5
10КЗ-1 10КЗ-2	2	8	10	120—8 000	15	2,5	10	90	1 440	5 760	300 365	220 255	750 775	15 10
25КЗ-1 25КЗ-2	4	8	25	100—8 000	15	5,0	10	36	576	2 300	360 415	310 325	870 860	19 20
10ГДН-1	4	4	10	80—8 000	15	2,2	—	90	1 440	5 760	∅620		520	12
25ГДН-1	10	4	25	80—8 000	15	4,0	—	36	576	2 300	∅740		677	24
ДГР-25	—	1(НЧ) 3(ВЧ)	25	150—5 000	20	3,8	—	—	576	2 300	∅850		700	50
Р-10	—	1	10	250—4 000	20	6,0	—	90	1 440	5 760	∅400		340	6
10ГРД-5	—	1	10	200—4 000	15	12,0	—	90	1 440	5 760	∅400		485	7
25ГРД-1 25ГРД-2	25	1	25	100—6 000 120—5 000	15	12,5 16,0	—	36	576	2 300	700 ∅400	180	730 720	15
50ГРД-8	50	1	50	120—5 500	15	22,0	—	18	288	1 150	∅400		720	18
50ГРД-9	25	2	50	100—6 000	15	33,5	—	18	288	1 150	860	720	1 220	25
100ГРД-1	50	2	100	120—5 500	15	47,5	—	9	144	576	860	720	1 220	35
Р-100	—	2	100	200—3 000	20	38,0	—	—	144	576	∅610		1 000	40

Цена 08 коп.